



(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
24.03.2004 Patentblatt 2004/13

(51) Int Cl.7: F02B 37/013, F02B 37/007,  
F02B 37/12

(21) Anmeldenummer: 03020040.6

(22) Anmeldetag: 04.09.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK

(71) Anmelder: Dr.Ing. h.c.F. Porsche  
Aktiengesellschaft  
70435 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:  
• Hemmerlein, Norbert  
75181 Pforzheim (DE)  
• Spiegel, Leo  
71665 Vaihingen/Enz (DE)

(30) Priorität: 19.09.2002 DE 10243473

## (54) Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung, die pro Zylinder ein erstes und mindestens ein zweites Auslassventil (6, 7) aufweist, wobei die erste Gruppe von Auslassventilen (6) und die zweite Gruppe von Auslassventilen (7) über einen Ventiltrieb unabhängig voneinander steuerbar sind, und dass beiden Gruppen von Auslassventilen jeweils eine eigene Abgasabführung (8, 10) zugeordnet ist, die beide zu einem gemeinsamen Abgasstrang (24) zusammengeführt sind, sowie mit einem in einer Abgas-

abführung (8) angeordneten Turbinenrad (12a), das in einem Luftzufuhrkanal (14) der Brennkraftmaschine angeordnetes Verdichterrad (12c) antreibt. Es wird vorgeschlagen, dass beiden Abgasabführungen (8, 10) stromaufwärts des gemeinsamen Abgasstranges (24) ein Abgasturbolader (12, 16, 26) zugeordnet ist, deren Turbinenräder (12a, 16a, 26c) in Abhängigkeit vom Lastzustand und/oder Drehzahl der Brennkraftmaschine durch den variablen Ventiltrieb angetrieben sind.

Damit ist in allen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine eine dynamische Aufladung erreichbar.

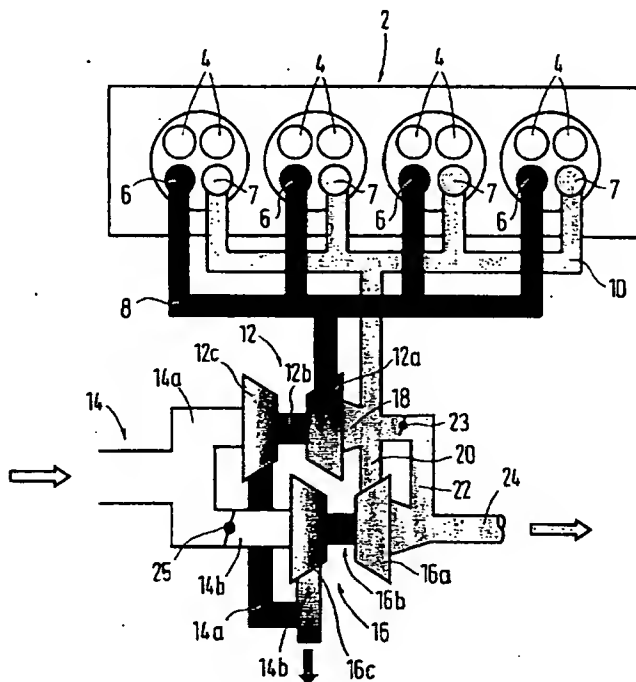


Fig.1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Bei Motoren mit Abgasturboaufladung ist das Problem bekannt, dass bei niedrigen Motordrehzahlen aufgrund des geringen Abgasmassenstromes der vom Abgasturbolader erzeugte Ladedruck nicht für ein ausreichend hohes Drehmoment des Motors sorgt. Zur Überwindung dieses sog. "Turboloches" sind aus dem Stand der Technik verschiedene Maßnahmen bekannt. So wird beispielsweise in der DE 199 55 090 A1 bei einem Vier - Ventil - Motor mit separater Abgasabführung der beiden pro Zylinder vorgesehenen Auslassventile vorgeschlagen, den lediglich in einer ersten Abgasabführung angeordneten Abgasturbolader mit dem gesamten von der Brennkraftmaschine erzeugten Abgasmassenstrom zu beaufschlagen. Dazu ist ein Ventiltrieb vorgesehen, über den die beiden Gruppen von Auslassventilen separat gesteuert werden können. Für eine höhere Aufladung insbesondere im Teillastbereich wird in der DE 199 55 090 A1 vorgeschlagen, die zweiten Gasauslassventile erst zu einem späteren Zeitpunkt bzw. mit einem reduzierten Öffnungshub zu betreiben, damit eine erhöhte Abgasmenge dem Abgasturbolader zugeführt werden kann.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, das vorstehend beschriebene System der Abgasturboaufladung weiter zu entwickeln, damit die Funktionalität und Leistungsfähigkeit aufgeladener Brennkraftmaschinen weiter verbessert werden kann.

[0004] Die Lösung der Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 erreicht. Durch die vorgeschlagene schaltbare Turboaufladung im Zusammenhang mit einem variablen Ventiltrieb für eine erste und zweite Gruppe von Auslassventilen kann in allen Last- und Drehzahlzuständen des Motors der gewünschte Ladedruck zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus kann durch die vorgeschlagene Zuordnung der Abgasturbolader zu den beiden separat geführten Abgasabführungen das stationäre Verhalten von Turbolader und Motor gegenüber einer konventionellen Turboaufladung verbessert werden.

[0005] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine enthalten.

[0006] In einem ersten Ausführungsbeispiel ist jeder Abgasabführung der Brennkraftmaschine jeweils ein konventioneller Abgasturbolader mit Turbinen- und Verdichterrad zugeordnet. Ein vorzugsweise als Klappenelement ausgebildetes Schaltventil, das im Ansaugkanal des Verdichterrades des zweiten Abgasturboladers angeordnet ist, verhindert, dass beim alleinigen Betrieb des ersten Abgasturboladers Ladeluft über den Verdichter des zweiten Turboladers abgeblasen wird.

[0007] Dadurch, dass der Ausgang des in der ersten Abgasabführung angeordneten Turbinenrades in Strömungsrichtung der Abgase gesehen vor dem Eingang

des zweiten Turbinenrades in die zweite Abgasabführung einmündet, ist sichergestellt, dass auch im inaktiven Zustand des zweiten Abgasturboladers dieser auf ein gewisses Drehzahlniveau gebracht wird. Durch das "Mitlaufen" des zweiten Turbinenrades kann bei Erreichen entsprechender Drehzahlen des Motors der zweite Abgasturbolader ohne zeitliche Verzögerung des abgerufenen Drehmoments zugeschaltet werden.

[0008] In einem zweiten Ausführungsbeispiel sind die Verdichter der beiden Abgasturbolader in Reihe geschaltet; durch die damit verbundene zweistufige Verdichtung können bereits im unteren Drehzahlbereich deutlich höhere Ladedrücke erzielt werden.

[0009] In einem dritten Ausführungsbeispiel sind die für beide Abgasabführungen vorgesehenen Abgasturbolader zu einer sog. Zwillingsstromturbine zusammengefasst. Bei dieser Ausführung ist das Zuströmgehäuse der Turbine zweiflutig ausgeführt. Beide Zuströmkanäle führen zu einem Turbinenrad, das über eine Welle ein im Luftzufuhrkanal der Brennkraftmaschine angeordnetes Verdichterrad antreibt.

[0010] Für alle drei Ausführungsbeispiele ist ein Bypasskanal zur Umgehung des der zweiten Abgasabführung zugeordneten Turbinenrades vorgesehen, in dem zur Regelung des Ladedrucks der Brennkraftmaschine ein Ladedruckventil, ein sog. Wastegate, angeordnet ist.

[0011] Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert.

[0012] Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung in einem ersten Betriebszustand,
- Fig. 2 die Brennkraftmaschine nach dem ersten Ausführungsbeispiel in einem zweiten Betriebszustand,
- Fig. 3 die Brennkraftmaschine nach dem ersten Ausführungsbeispiel in einem dritten Betriebszustand,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel und
- Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung nach einem dritten Ausführungsbeispiel.

[0013] Eine lediglich schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 2 (siehe Figur 1 bis 3) weist pro Zylinder zwei Einlassventile 4 und zwei Auslassventile 6, 7 auf. Den beiden Auslassventilen 6, 7 der einzelnen Zylinder ist als Abgasabführung jeweils ein separat ausgebildeter Abgaskrümmern 8 und 10 zugeordnet. In der ersten Abgasabführung ist in Strömungsrichtung der Abgase gesehen hinter dem ersten Abgaskrümmern 8 das Turbinenrad 12a eines ersten Abgasturboladers 12 angeordnet.

net. Das Turbinenrad 12a ist über eine Laufwelle 12b mit einem entsprechenden Verdichterrad, im folgenden als erstes Verdichterrad 12c bezeichnet, verbunden. Analog zu dem in der ersten Abgasabführung angeordneten Abgasturbolader 12 ist in der den zweiten Auslassventilen 7 zugeordneten zweiten Abgasabführung ebenfalls ein Turbinenrad 16a eines zweiten Abgasturboladers 16 angeordnet, das analog zum ersten Abgasturbolader 12 über eine Laufwelle 16b mit einem Verdichterrad 16c verbunden ist. Die erste Abgasabführung mündet in Strömungsrichtung der Abgase gesehen hinter dem Ausgang 18 des ersten Turbinenrades 12a in die zweite Abgasabführung ein. Von dort führt ein erster Abgaskanalabschnitt 20 zum Eingang des zweiten Turbinenrades 16a, während ein zweiter Abgaskanalabschnitt, im folgenden als Bypasskanal 22 bezeichnet, unter Umgehung des Turbinenrades 16a direkt in die gemeinsame Abgasleitung 24 der ersten und zweiten Abgasabführung einmündet. Im zweiten Abgaskanalabschnitt 22 ist eine Schaltklappe 23 angeordnet, deren Funktionsweise später noch näher erläutert ist. Ein Luftzufuhrkanal 14 versorgt die beiden Verdichterräder 12c und 16c über zwei Teilkanäle 14a bzw. 14b, die jeweils zum Eingang des Verdichterrades 12c bzw. 16c führen. Ausgangsseitig werden die beiden Teilkanäle 14a und 14b wieder zusammengeführt, um den Luftmassenstrom der Ansauganlage der Brennkraftmaschine zu führen zu können. Im Teilkanal 14b ist eine zweite Schaltklappe 25 angeordnet, deren Funktionsweise später näher erläutert ist.

**[0014]** Die nicht dargestellten Ventiltriebe zum separaten Schalten der ersten und zweiten Gruppe von Auslassventilen 6, 7 können beispielsweise als elektromagnetische Ventiltriebe, als hydraulische Ventiltriebe oder auch als mechanische Ventiltriebe ausgebildet sein, die ein entsprechendes An- und Abschalten und ggf. eine Veränderung der Ventilsteuerzeiten ermöglichen. Als variabler mechanischer Ventiltrieb bietet sich der in der noch nicht veröffentlichten Patentanmeldung DE 101 404 33.6 beschriebene Ventiltrieb für eine Brennkraftmaschine an, bei dem im Zusammenhang mit schaltbaren Tassenstößeln die beiden Auslassventile der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine unabhängig voneinander angesteuert werden können.

**[0015]** Die Funktion des Turboaufladesystems gemäß dem zuvor beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel wird anhand verschiedener Betriebszustände der Brennkraftmaschine nachfolgend näher erläutert:

**[0016]** In Fig. 1 ist ein erster Betriebszustand der Brennkraftmaschine bei niedriger Drehzahl dargestellt. In diesem Fall werden über den variablen Ventiltrieb lediglich die erste Gruppe von Auslassventilen 6 geöffnet; die im Bypasskanal 22 angeordnete Schaltklappe 23, sowie die im Luftzufuhr - Teilkanal 14b angeordnete Schaltklappe 25 sind in diesem Betriebszustand geschlossen, wobei die geschlossene Schaltklappe 25 das Abblasen von Ladeluft über das Verdichterrad 16c des Abgasturboladers 16 verhindert. Dadurch, daß der

in der ersten Abgasabführung angeordnete Abgasturbolader 12 mit dem gesamten von der Brennkraftmaschine erzeugten Abgasmassenstrom beaufschlagt wird, können bereits bei niedrigen Motordrehzahlen hohe Ladedrücke und damit ein hohes Drehmoment des Motors erreicht werden. Das Abgas wird nach dem Austritt aus dem ersten Turbolader 12 der Turbine 16a des zweiten Abgasturboladers 16 zugeführt, so dass diese auch im inaktiven Zustand auf ein gewisses Drehzahlniveau beschleunigt wird. Von dort wird das Abgas über die Abgasleitung 24 nach außen geführt.

**[0017]** Bei Erreichen einer Durchsatzgrenze für den ersten Abgasturbolader 12, die bei ca. mittlerer Motordrehzahl erreicht ist, werden die zweiten Auslassventile 7 über den variablen Ventiltrieb aktiviert, wodurch auch der zweite Abgasturbolader 16 zugeschaltet wird. In diesem Betriebszustand wird das Schaltventil 25 geöffnet, während das Schaltventil 23, das als Wastegate zur Regelung des Ladedrucks dient, zunächst noch geschlossen ist. Wie in Fig. 3 dargestellt, wird bei höheren Drehzahlen der Brennkraftmaschine zur Regelung des Ladedrucks dann gfs. auch das Schaltventil 23 geöffnet.

**[0018]** Das in Figur 4 dargestellte zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich im wesentlichen dadurch, daß die beiden Verdichter 12c und 16c in Reihe geschaltet sind. Dazu führt ein Luftzufuhrkanal 15 zur Eingangsseite des Verdichterrades 16c des zweiten Abgasturboladers 16. Vom Ausgang des Verdichterrades 16c führt ein Teilkanal 15a zur Verdichter- Eingangsseite des Abgasturboladers 12 während ein Verdichter- Bypasskanal 15b zur Ausgangsseite des Verdichterrades 12c führt. Im Bypasskanal 15b ist eine Schaltklappe 17 angeordnet, die analog zum ersten Ausführungsbeispiel bei niedriger Motordrehzahl geschlossen ist, so daß durch eine zweistufige Verdichtung der Ladeluft über die erste Abgasabführung bereits im unteren Drehzahlbereich hohe Ladedrücke erreichbar sind.

**[0019]** Beim Erreichen einer bestimmten Motordrehzahl werden analog zum ersten Ausführungsbeispiel die zweiten Auslassventile 7 über den variablen Ventiltrieb aktiviert, wodurch wiederum der zweite Abgasturbolader 16 zugeschaltet wird. In diesem Betriebszustand ist die Schaltklappe 17 geöffnet, während das Wastegate-Schaltventil 23 noch geschlossen ist. Bei höheren Drehzahlen wird dann zur Regelung des Ladedrucks gfs. das Schaltventil 23 geöffnet.

**[0020]** Für beide zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele gilt, dass durch eine unterschiedlich große Ausführung der beiden Abgasturbolader 12 und 16 zum Beispiel durch einen kleineren "Primär"-Turbolader 12 ein noch früherer Ladedruckaufbau bei niedrigen Motordrehzahlen möglich ist.

**[0021]** Das dritte Ausführungsbeispiel einer aufgeladenen Brennkraftmaschine ist in Figur 5 dargestellt und wird nachfolgend beschrieben, wobei wiederum gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich im wesentlichen dadurch, dass anstelle von zwei sepa-

raten Abgasturboladern ein Abgasturbolader 26 mit einer Zwillingsstromturbine Verwendung findet. Der Abgasturbolader 26 weist dazu zwei Turbinenzuströmkä-  
näle 26a und 26b auf, die zu einem gemeinsamen Tur-  
binenrad 26c führen, welches auf einer Welle 26c an-  
geordnet ist; letztere ist wiederum mit einem im Luftzu-  
fuhrkanal 15 angeordneten Verdichterrad 26e verbun-  
den. Die Regelung des Abgasturboladers mit Zwillings-  
stromturbine kann analog zu den beiden anderen  
Ausführungsbeispielen erfolgen; bei niedrigen Dreh-  
zahlen wird das Turbinenrad 26c lediglich über den Tur-  
binenzuströmkanal 26a mit Abgasen beaufschlagt,  
während beispielsweise im mittleren Motordrehzahlbe-  
reich über das Öffnen der zweiten Auslassventile 7 auch  
der zweite Turbinenzuströmkanal 26b aktiviert wird, so  
daß über die zweite Abgasabführung 10 das Turbinen-  
rad 26c mit einem zusätzlichen Abgasstrom beauf-  
schlagt wird.

[0022] Neben der soeben beschriebenen Zwillings-  
stromturbine mit einem Turbinenrad 26c ist auch eine  
dazu abgewandelte Ausführungsform denkbar, bei der  
zwei auf einer gemeinsamen Welle angeordnete Turbi-  
nenräder ein Verdichterrad antreiben, wobei die An-  
steuerung der beiden Turbinenräder analog zu den zu-  
vor beschriebenen Ausführungsbeispielen erfolgen  
kann.

[0023] Für alle zuvor beschriebenen Ausführungsfor-  
men einer Abgasturboaufladung kann die Zuschaltung  
der zweiten Auslaßventile 7 je nach Drehzahl, Last bzw.  
Ladedruckbedarf auch stufenweise erfolgen, indem bei-  
spielsweise nicht alle Ventile 7 gleichzeitig, sondern ein-  
zeln oder gruppenweise nacheinander geöffnet werden.

#### Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit Abgasturboaufladung, die  
pro Zylinder ein erstes und mindestens ein zweites  
Auslassventil aufweist, wobei die erste Gruppe von  
Auslassventilen und die zweite Gruppe von Aus-  
lassventilen über einen Ventiltrieb unabhängig von-  
einander steuerbar sind, und dass beiden Gruppen  
von Auslassventilen jeweils eine eigene Abgasab-  
führung zugeordnet ist, die beide zu einem gemein-  
samen Abgasstrang zusammengeführt sind, sowie  
mit einem in einer Abgasabführung angeordneten  
Turbinenrad, das ein in einem Luftzufuhrkanal der  
Brennkraftmaschine angeordnetes Verdichterrad  
antreibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** beiden  
Abgasabführungen (8, 10) stromaufwärts des ge-  
meinsamen Abgasstranges (24) ein Abgasturbola-  
der (12, 16, 26) zugeordnet ist, deren Turbinenräder  
(12a, 16a, 26c) in Abhängigkeit vom Lastzustand  
und/oder Drehzahl der Brennkraftmaschine durch  
den variablen Ventiltrieb angetrieben sind.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch  
gekennzeichnet, dass** in einem Luftzufuhrkanal

(14b) für einen zweiten Abgasturbolader (16) eine  
Schaltklappe (25) angeordnet ist.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **da-  
durch gekennzeichnet, dass** der Ausgang (18)  
des in der ersten Abgasabführung (8) angeordne-  
ten Turbinenrades (12a) - in Strömungsrichtung der  
Abgase gesehen - vor dem Eingang des zweiten  
Turbinenrades (16a) in die zweite Abgasabführung  
(10) einmündet.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch  
gekennzeichnet, dass** die Verdichterräder (12c,  
16c) eines ersten und eines zweiten Abgasturbola-  
ders (12, 16) in Reihe geschaltet sind (Fig. 4).
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, **dadurch  
gekennzeichnet, dass** die beiden Ausgänge der  
Verdichterräder (12c, 16c) über einen schaltbaren  
Bypasskanal (15b) miteinander verbunden sind.
6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch  
gekennzeichnet, dass** zwei den beiden Abgasab-  
führungen (8, 10) zugeordnete Turbinenzuströmkä-  
näle (26a, 26b) nach Art einer Zwillingsstromturbine  
zu einem gemeinsamen Turbinenrad (26c) führen,  
welches auf einer Welle (26c) angeordnet ist, das  
mit einem im Luftzufuhrkanal (15) der Brennkraft-  
maschine vorgesehen Verdichterrad (26e) verbun-  
den ist.
7. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehen-  
den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
in der zweiten Abgasabführung (10) ein das Turbi-  
nenrad (16a, 26c) umgehender schaltbarer Bypas-  
skanal (22) vorgesehen ist.

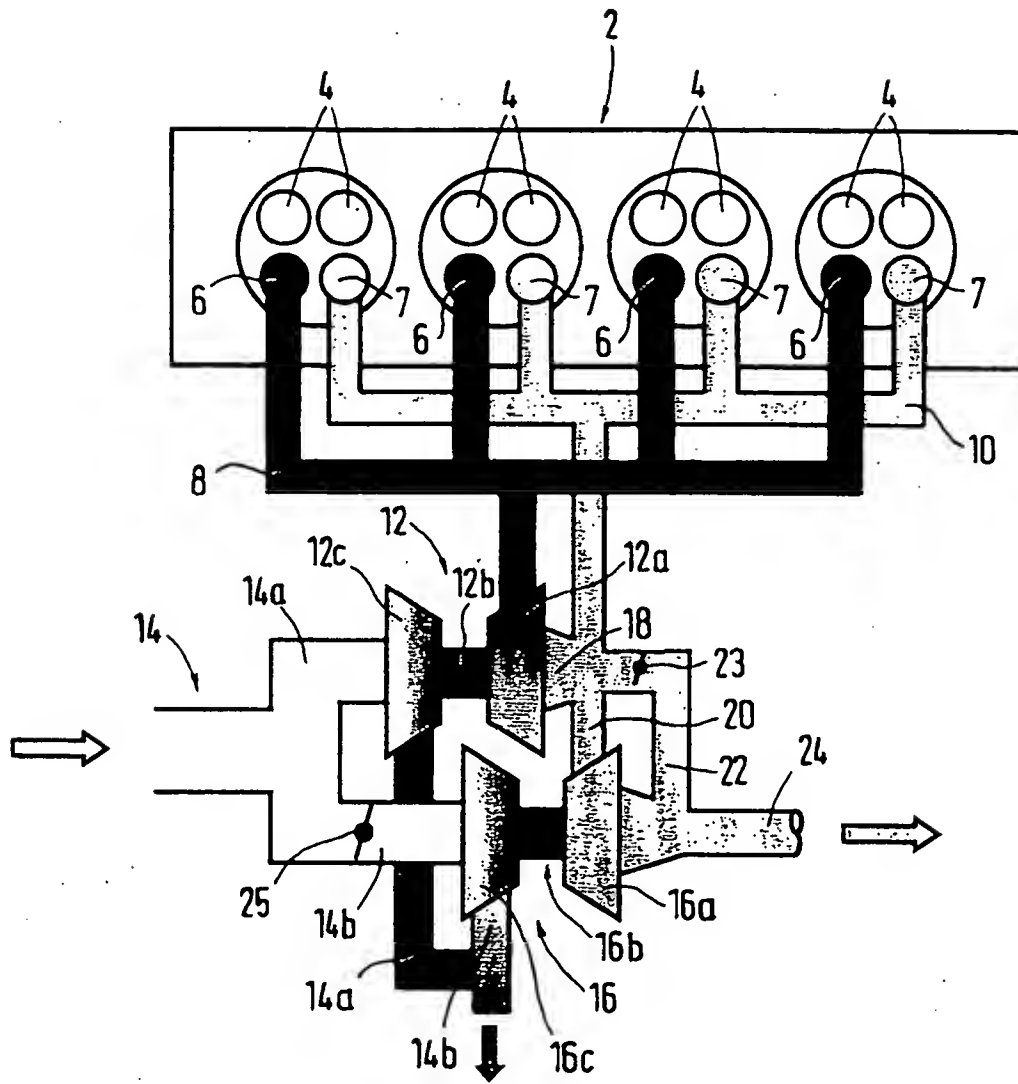


Fig.1

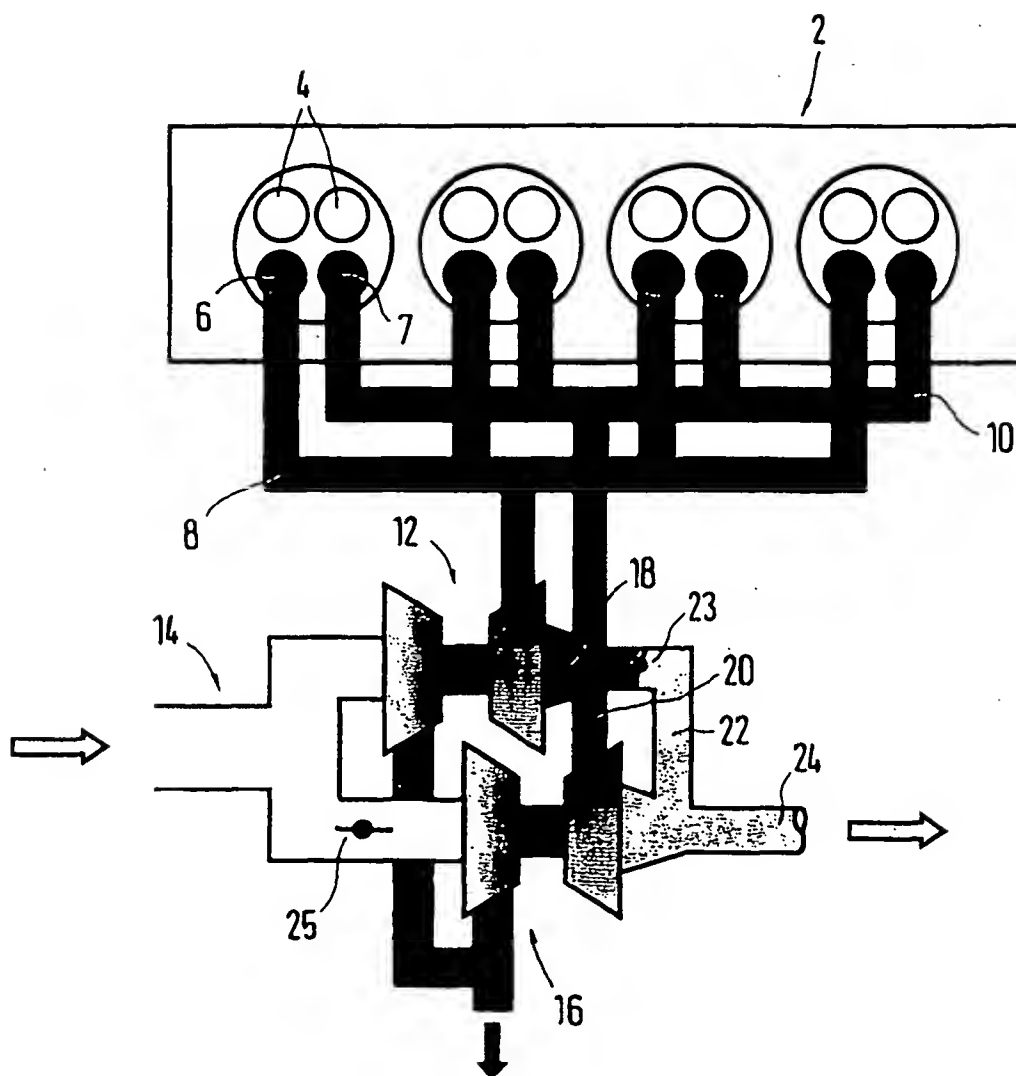


Fig.2

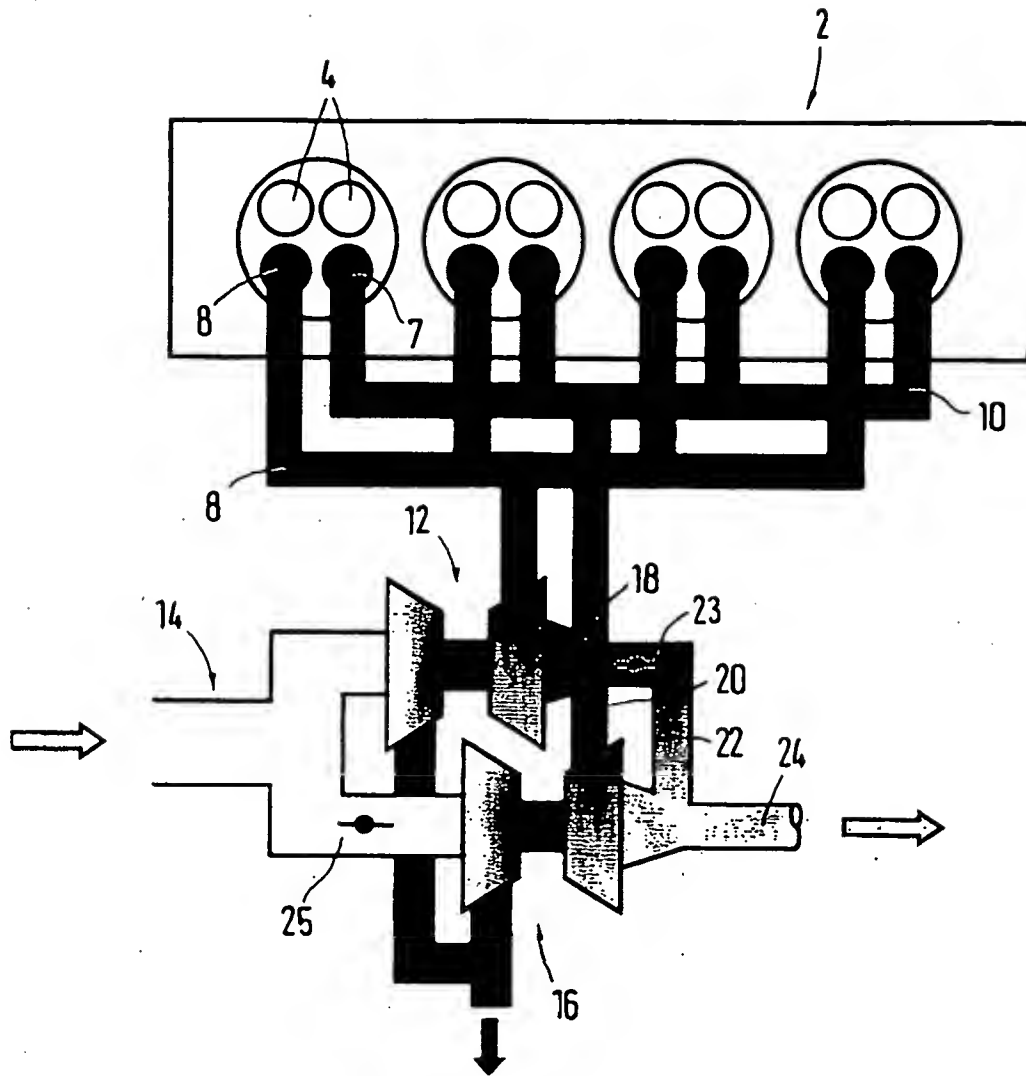
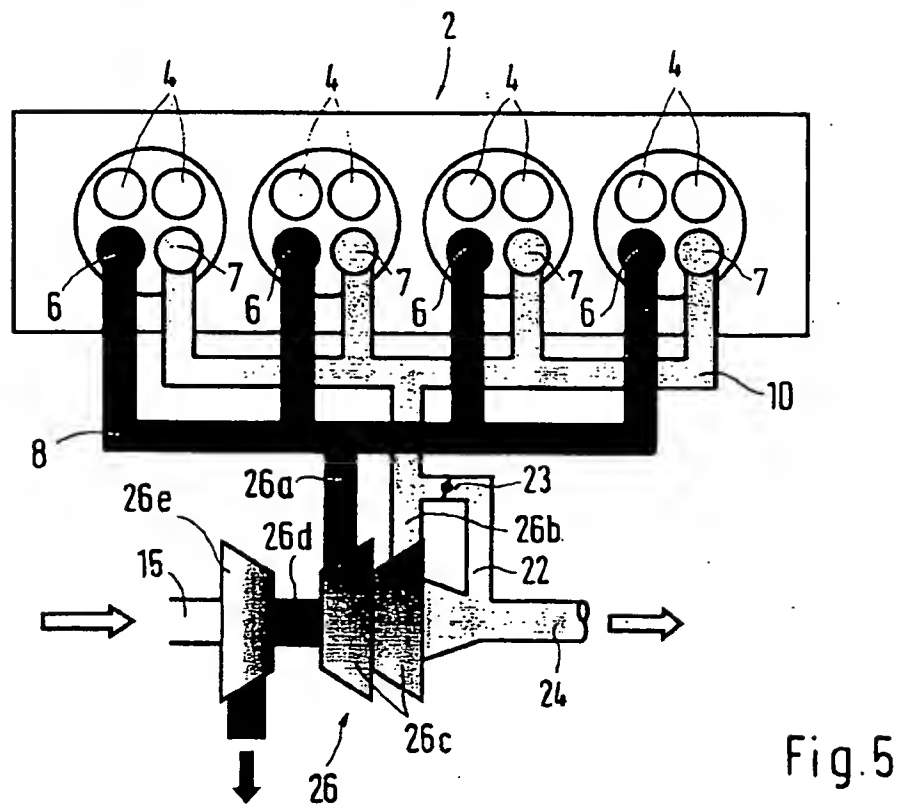
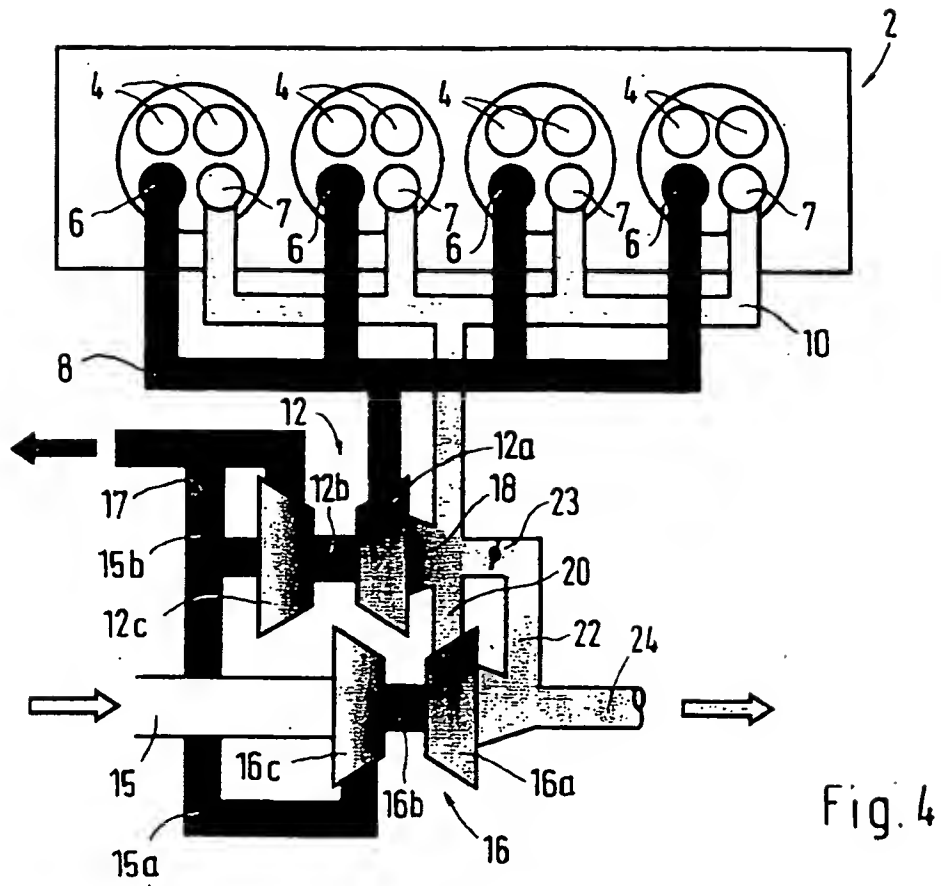


Fig.3





**PUB-NO:** EP001400667A2  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** EP 1400667 A2  
**TITLE:** Turbocharged internal combustion engine  
**PUBN-DATE:** March 24, 2004

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
HEMMERLEIN, NORBERT	DE
SPIEGEL, LEO	DE

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
PORSCHE AG	DE

**APPL-NO:** EP03020040

**APPL-DATE:** September 4, 2003

**PRIORITY-DATA:** DE10243473A (September 19, 2002)

**INT-CL (IPC):** F02B037/013 , F02B037/007 , F02B037/12

**EUR-CL (EPC):** F02B037/007 , F02B037/013 , F02B037/18 ,  
F02B037/22 , F02D013/02 , F02D013/02